

INDONESIAN
JOURNAL
OF APPLIED
CHEMISTRY



JURNAL KIMIA TERAPAN INDONESIA

POTENSI TEMPE PASTA STERIL IRADIASI SEBAGAI NUTRISI ENTERAL PASIEN YANG MENGGUNAKAN ALAT BANTU *NASO GASTRIC TUBE* (NGT) (HAL 1-12)

PREPARASI PEREAKSI KIT *IMMUNORADIOMETRIC ASSAY FREE PROSTATE SPECIFIC ANTIGEN* UNTUK DETEKSI KANKER PROSTAT (HAL 13-24)

SINTESIS XANTON DARI ASAM 2-PHENOXYBENZOIC ACID SEBAGAI BAHAN DASAR OBAT MALARIA BARU (HAL 25-34)

PENENTUAN KONDISI OPTIMUM FERMENTASI PADAT *Trichoderma hamatum* PADA MEDIA TUMBUH DEDAK PADI DALAM PRODUKSI SELULASE MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (HAL 35-46)

KARAKTERISTIK *BIO-OIL* HASIL PIROLISIS AMPAS TEBU (HAL 47-55)

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA BAKTERI-SITRAT-KITOSAN SEBAGAI PEMBALUT LUKA ANTIMIKROBIA (HAL 56-64)

PENGARUH TEKANAN REAKTOR PADA PENGHIDRORENGKAHAN TAR BATUBARA (HAL 65-73)

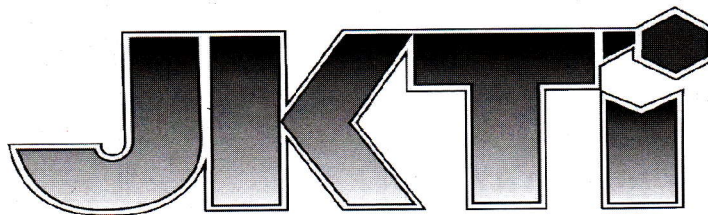
HIDROLISIS LIGNOSELULOSA PELEPAH DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN KATALIS ZIRKONIA TERSULFATASI (HAL 74-79)



PUSAT PENELITIAN KIMIA
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

Jurnal Kimia Terapan Indonesia	Vol. 15	No. 2	Hal. 1 - 79	Bandung Desember 2013	ISSN 0853 - 2788
-----------------------------------	---------	-------	-------------	--------------------------	---------------------

INDONESIAN
JOURNAL
OF APPLIED
CHEMISTRY



JURNAL KIMIA TERAPAN INDONESIA

SUSUNAN PENGELOLA

DEWAN KEHORMATAN :

Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Deputi Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik

PENANGGUNG JAWAB :

Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI

DEWAN EDITOR :

Ketua:

Prof. Dr. Muhammad Hanafi (Peneliti Bidang Kimia Bahan Alam PP Kimia LIPI)

Anggota :

Dr. Linar Zalinar Udin (Peneliti Bidang Biologi PP Kimia LIPI)
Dr. Ir. Hari Rom Hariyadi, M.Phil (Peneliti Bidang Lingkungan PP Kimia LIPI)
Dr. (Eng) Agus Haryono (Peneliti Bidang Teknik Kimia PP Kimia LIPI)
Dr. (Eng) Haznan Abimanyu (Peneliti Bidang Kimia Katalis PP Kimia LIPI)
Dr. Rosi Ketrin (Peneliti Bidang Kimia Analitik dan Standar PP Kimia LIPI)
Dr. Endang Syaefudin (FMIPA Kimia UI)

MITRA BESTARI:

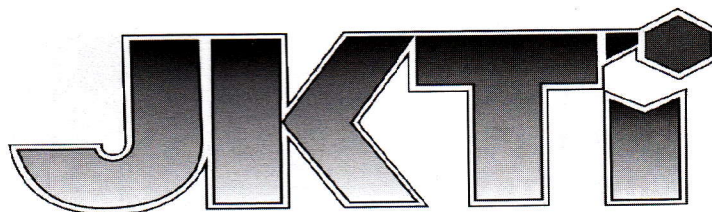
Prof. Dr. L. Broto Sugeng Kardono (Farmasi PP Kimia LIPI)
Prof. Dr. Andreanus A. Sumardji (Farmasi ITB)
Prof. Dr. Tjandra Setiadi (Teknik Kimia ITB)
Prof. Dr. H. Buchari (FMIPA Kimia ITB)
Prof. Dr. Muljadji Agma (FMIPA Kimia UNPAD)
Prof. Dr. Enri Damanhuri (Teknik Lingkungan ITB)
Prof. Dr. Anna Permanasari (FPMIPA Kimia UPI)

REDAKSI PELAKSANA :

Ir. Suhermanto
Jony Winaryo Wibowo, MT
Herlian E. Saputra, MT
Dina Roeslaeni, MT
Nandang Sutiana, Amd

ALAMAT REDAKSI :

Majalah Jurnal Kimia Terapan Indonesia (JKTI)
Pusat Penelitian Kimia – LIPI
Jl. Cisit – Sangkuriang Bandung – 40135
Telepon: (022) 250 3051, 250 7769
Fax : (022) 250 3240
Website : <http://www.kimia.lipi.go.id>
Email : jkti_ppkimialipi@yahoo.com

**INDONESIAN
JOURNAL
OF APPLIED
CHEMISTRY****JURNAL KIMIA TERAPAN INDONESIA****DAFTAR ISI**

Halaman Judul	i
Daftar Isi	ii
Kata Pengantar	iii
1. Sterilisasi Tempe Pasta dengan Iradiasi Gamma Sebagai Makanan Pasien Dengan Alat Bantu <i>Naso Gastric Tube</i> (NGT) <i>Zubaidah Irawati, R.S Adji Koesoemowidodo, Ades Puspita, Swasono R Tamat</i>	1
2. Preparasi Pereaksi Kit <i>Immunoradiometric Assay Free Prostate Specific Antigen</i> untuk Deteksi Kanker Prostat <i>Puji Widayati, Gina Mondrida, Sri Setiyowati, Agus Ariyanto, V. Yulianti Susilo, Wening Lestari</i>	13
3. Sintesis Xanton dari Asam 2-Fenoksibenzoat Sebagai Bahan Dasar Obat Malaria Baru <i>Amanatie, Jumina, Mustofa, M. Hanafi</i>	25
4. Penentuan Kondisi Optimum Fermentasi Padat <i>Trichoderma hamatum</i> pada Media Tumbuh Dedak Padi dalam Produksi Selulase Menggunakan <i>Response Surface Methodology</i> <i>Teuku Beuna Bardant, Haznan Abimanyu, Putri Lili Epriyani</i>	35
5. Karakteristik <i>Bio-Oil</i> Hasil Pirolisis Ampas Tebu <i>Emi Erawati, Wahyudi Budi Sediawan, Panut Mulyono</i>	47
6. Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Bakteri-Sitrat-Kitosan Sebagai Pembalut Luka Antimikroba <i>Farah Nurlidar, Lely Hardiningsih, Darmawan Darwis</i>	56
7. Pengaruh Tekanan Reaktor Pada Penghidroengkahan Tar Batubara <i>Novie Ardhyarini, Daliya Indra Setiawan, Syntha Nardey</i>	65
8. Hidrolisis Lignoselulosa Pelepah dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Katalis Zirkonia Tersulfasi <i>Anis Kristiani, Kiky Corneliasari Sembiring, Haznan Abimanyu, Fauzan Aulia</i>	74
Indeks Penulis	
Indeks Kata Kunci	

KATA PENGANTAR

Pembaca Jurnal kimia Terapan Indonesia (JKTI)

Kami tim redaksi JKTI tidak lupa memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, bahwa JKTI Volume 15 No. 2 Desember 2013 telah terbit dan hadir di tangan para pembaca, setelah melalui pemeriksaan mitra bestari. Penerbitan kali ini merupakan penerbitan khusus, hal ini karena makalah-makalah yang terpilih merupakan makalah yang telah diseleksi dari Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia (SNKTI 2013) yang diadakan pada bulan Mei 2013 di Solo. Seminar ini diadakan kerjasama antara Pusat penelitian Kimia LIPI dan Himpunan Kimia Indonesia (HKI) yang diikuti lebih dari 100 pemakalah dari berbagai institusi dan perguruan tinggi di Indonesia.

Pada edisi kali ini, JKTI membahas berbagai bidang seperti pangan, sintesis, energi dan material (katalis). Adapun judul yang terpilih yaitu: 1. Sterilisasi Tempe Pasta dengan Iradiasi Gamma Sebagai Makanan Pasien Dengan Alat Bantu *Naso Gastric Tube (NGT)*; 2. Preparasi Pereaksi Kit *Immunoradiometric Assay Free Prostate Specific Antigen* untuk Deteksi Kanker Prostat; 3. Sintesis Xanton dari Asam 2-Fenoksibenzoat Sebagai Bahan Dasar Obat Malaria Baru; 4. Penentuan Kondisi Optimum Fermentasi Padat *Trichoderma hamatum* pada Media Tumbuh Dedak Padi dalam Produksi Selulase Menggunakan *Response Surface Methodology*; 5. Karakteristik *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Ampas Tebu; 6. Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Bakteri-Sitrat-Kitosan Sebagai Pembalut Luka Antimikroba; 7. Pengaruh Tekanan Reaktor Pada Penghidroengkahan Tar Batubara; 8. Hidrolisis Lignoselulosa Pelepah dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Katalis Zirkonia Tersulfasi; Diharapkan topik bahasan tersebut dapat bermanfaat sebagai sumber informasi yang mampu memberikan motivasi dalam melakukan penelitian untuk mengatasi beberapa masalah yang kita hadapi.

Tim redaksi pada kesempatan ini, mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada seluruh mitra bestari JKTI atas bantuan dan kerjasamanya dalam perbaikan penulisan makalah ini. Disamping itu tak lupa disampaikan terima kasih kepada para penulis yang mempercayakan artikelnya untuk diterbitkan pada JKTI.

Sebagai penutup, kami tim redaksi mengundang para peneliti untuk mempublikasikan dan menyebarluaskan hasil penelitian dalam bidang kimia terapan melalui JKTI. Kami juga terus berusaha menghadirkan artikel-artikel yang lebih berkualitas dari para pakar. Tentunya kritik dan saran masih kami harapkan untuk peningkatan kualitas JKTI dan mohon maaf bila ada hal yang tidak berkenan dalam proses penerbitan ini. Selamat membaca, semoga memberikan wawasan dan manfaat untuk kemajuan kimia di Indonesia.

Salam,

Dewan Editor JKTI

Karakteristik *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Ampas Tebu (*Bagasse*)

Emi Erawati^(I), Wahyudi Budi Sediawan^(II), Panut Mulyono^(II)

(I) Teknik Kimia-UMS Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

(II) Teknik Kimia - UGM, Jl. Grafika, Yogyakarta, Indonesia

email: Emi.Erawati@ums.ac.id

ABSTRACT

Bagasse is a waste of sugar mills that can be utilized for a variety of chemicals. The purposes of this study are to determine the percentage of the compounds and physical properties of bio-oil, to determine the effect of variations of particle size and heating rate on the yields of bio-oil.

Pyrolysis has been carried out in a reactor made of steel pipe type 5737 with dimension: diameter 7.62 cm and length 37 cm in length. The reactor was inserted into the furnace with a diameter of 15.24 cm and a length of 40 cm. One hundred and fifty grams of bagasse (*Saccharum officinarum* L) has been inserted into the reactor without the presence of oxygen at atmospheric pressure. Pyrolysis has been carried out at the particle size of (-20+25) mesh, (-25+30) mesh, (-30+35) mesh, (-35+40) mesh, and -40 mesh and electrical voltage of 100, 105, 115, and 120 volt.

Produced bio-oil has the following properties: brown color, pH of 2.96 to 3.03, viscosity of 1.3306 to 1.5101 cp, and density of 1.03 to 1.5 g/mL. The largest content of the compound is acetic acid (59,72%). The highest yields percentage of the particle size is (40,32%) on (-20+25 mesh) and highest yields percentage electrical voltage is 38,82% on 105 volt.

Keywords: *bagasse, acetic acid, bio-oil, pyrolysis, yields*

INTISARI

Ampas tebu merupakan limbah pabrik gula yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai bahan kimia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui persentase senyawa-senyawa dan sifat-sifat fisik dari *bio-oil*, mengetahui pengaruh variasi diameter partikel dan kecepatan pemanasan terhadap *yields bio-oil*.

Pirolisis dilakukan dalam reaktor yang terbuat dari pipa besi jenis 5737 dengan diameter 7,62 cm dan panjang 37 cm. Reaktor dimasukkan ke dalam *furnace* yang berdiameter 15,24 cm dan panjang 40 cm. Seratus lima puluh gram ampas tebu (*Saccharum officinarum* L) dimasukkan ke dalam reaktor tanpa kehadiran oksigen pada tekanan atmosferis. Pirolisis dilakukan pada diameter partikel (-20+25) mesh, (-25+30) mesh, (-30+35) mesh, (-35+40) mesh, dan -40 mesh dan tegangan listrik 100, 105, 115, dan 120 volt.

Bio-oil yang dihasilkan mempunyai sifat-sifat: berwarna coklat, pH 2,96-3,03, viskositas 1,3306-1,5101 cP, dan rapat massa 1,03-1,5 g/mL. Kandungan senyawa terbesar adalah asam asetat sebanyak 59,72%. Pada variasi diameter partikel, % *yields* tertinggi diperoleh pada diameter partikel (-20+25 mesh) sebesar 40,32% sedangkan pada variasi tegangan listrik % *yields* tertinggi diperoleh pada kecepatan pemanasan 105 volt sebesar 38,82%.

Kata Kunci : ampas tebu, asam asetat, *bio-oil*, pirolisis, *yields*

1. PENDAHULUAN

Ampas atau lazimnya disebut *bagasse* tebu adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Satu pabrik menghasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling⁽¹⁾. Berdasarkan data Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Pada musim giling 2006, data Ikatan Ahli Gula Indonesia (Ikagi) menunjukkan bahwa jumlah tebu yang digiling oleh 73 pabrik gula di Indonesia mencapai sekitar 30 juta ton. Sehingga

ampas tebu yang dihasilkan diperkirakan mencapai 9.640.000 ton. Namun, baru 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan antara lain; sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu, diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan.

Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menunjukkan adanya upaya agar pemakaian energi baru dan terbarukan meningkat. Energi baru adalah bentuk energi yang dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari energi terbarukan maupun energi tak terbarukan, antara lain; hidrogen, *coal bed methane*, batubara yang dicairkan (*liquefied coal*), gasifikasi batubara (*gasified coal*), dan nuklir. Sedangkan energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, bahan bakar nabati (*biofuel*), arus sungai, energi surya, energi angin, biomassa, dan energi laut.

Berdasarkan ⁽²⁾ Program Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, untuk biomassa menitikberatkan pada kegiatan studi kelayakan pembangkit listrik berbahan bakar campuran biomassa dan batubara untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Hal ini dilakukan karena potensi biomassa di seluruh Indonesia bila dikonversi menjadi energi listrik akan mencapai 1,160 MWe. Yang terdiri dari ampas tebu, limbah kelapa sawit, limbah pengergajian kayu, dan sekam padi. Pulau Sumatra mempunyai potensi biomassa paling tinggi, yaitu 590 MWe, berasal dari bagas tebu (40%), limbah kelapa sawit (29%), sisanya dari limbah pengergajian kayu, dan sekam padi. Potensi biomassa di pulau Jawa sebesar 280 MWe yang didominasi oleh ampas tebu dan sekam padi. Kalimantan berpotensi sebesar 230 MWe dan Sulawesi 60 MWe. Walaupun begitu, pemanfaatan energi dari biomassa ini masih sangat rendah. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia menargetkan pada tahun 2025 Energi di Indonesia tidak hanya dipenuhi dari gas (30%), *oil* (20%), dan batubara (33%), tetapi 17% energi di Indonesia akan disuplai melalui *renewable energy*. Salah satu *renewable energy* yang akan dikembangkan di Indonesia adalah energi yang berasal dari biomassa, nuklir, *hydro power*, solar, dan *wind power* sebesar 5%. Dengan mengetahui prioritas Kebijakan Energi Nasional, Agenda Riset Nasional, dan Kebijakan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian karakteristik *bio-oil* hasil pirolisis ampas tebu (*bagasse*).

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini bagi ilmu pengetahuan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan ampas tebu sebagai *bio-oil*. Bagi bangsa dan negara, penelitian ini diharapkan membantu pemerintah dalam mencari sumber energi baru berbasis biomassa.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui persentase senyawa-senyawa dan sifat fisik dari *bio-oil* hasil pirolisis ampas tebu dan mengetahui pengaruh variasi diameter partikel dan kecepatan pemanasan pada *yield bio-oil*, hasil proses pirolisis.

Menurut ⁽³⁾ pirolisis adalah proses dekomposisi biomassa dari senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi molekul yang lebih sederhana. Berdasarkan prosesnya, pirolisis dibedakan menjadi *fast* pirolisis, medium pirolisis, dan *slow* pirolisis. *Fast* pirolisis yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu ($\pm 500^{\circ}\text{C}$), mempunyai waktu tinggal yang pendek (< 2 detik), menghasilkan 75 % cairan, *char* 12%, dan gas 13%. Medium pirolisis yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu ($< 500^{\circ}\text{C}$) dan mempunyai waktu tinggal yang terbatas (± 2 detik), menghasilkan 50% cairan, *char* 25%, dan gas 25%. *Slow* pirolisis yaitu pirolisis yang dilakukan pada suhu rendah, mempunyai waktu tinggal yang panjang (> 2 detik), menghasilkan 30% cairan, *char* 35%, dan gas 35%.

Bio-oil adalah senyawa anorganik yang merupakan cairan yang diproduksi melalui proses pirolisis ⁽⁴⁾. Cairan yang berasal dari proses pirolisis diberi nama dengan cara yang berbeda-beda. Ada yang menyebut cairan pirolisis, minyak pirolisis (*pyrolysis oil*), *bio-oil*, cairan kayu (*wood liquids*), minyak kayu (*wood oil*), *bio-crude-oil*, *bio-fuel-oil*, *liquid smoke*, *wood distillates*, *pyroligneous tar*, *pyroligneous acid*, dan *liquid wood*.

Bio-oil mempunyai standar warna dari hijau gelap sampai dengan merah gelap mendekati hitam tergantung dari bahan dan proses yang digunakan untuk mendapatkan produk. *Bio-oil* tersusun dari berbagai komponen kimia dari bahan-bahan kimia yang mudah menguap seperti formaldehid, asam asetat, fenol, dan *anhydrosugar*. Berdasarkan penelitian DynaMotive, *bio-oil* yang dihasilkan mempunyai komposisi dan sifat fisik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 ⁽⁵⁾.

Tabel 1. Komposisi *Bio-Oil*

Komposisi (% berat)	<i>Bagasse</i>	Kayu <i>Pine/Spruce</i> 53% + 47% Bark
Air	20,8	24,3
Lignin	23,5	24,9
Cellobiosan	-	1,9
Glyoxal	2,2	1,9
Hidroksi asetaldehid	10,2	10,2
Levoglukosan	3,0	6,3
Formaldehid	3,4	3,0
Asam format	5,7	3,7
Asam asetat	6,6	4,2
<i>Acetol</i>	5,8	4,8
Tidak diketahui	18,8	14,8
Total	100	100

Tabel 2. Sifat-Sifat Fisik *Bio-Oil*

Sifat Fisik	<i>Bagasse</i>	Kayu
pH	2,6	2,4
Air (% berat)	20,8	23,4
Lignin (% berat)	-	1,9
Padatan (%)	<0,10	<0,10
Abu (% berat)	<0,02	<0,02
Densitas (kg/L)	1,20	1,19
Nilai kalor	15,4	16,4
Viskositas		
pada 20°C	57	78
pada 80°C	4,00	4,4
Bahan Baku		
Kadar air (%)	2,1	3,5
Kadar abu (%)	2,9	3,5

Kualitas dari *bio-oil* dengan warna coklat gelap jika dibandingkan dengan bahan biomassa mempunyai *heating value* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Panas Pembakaran Berbagai *Bio-Oil*

Bahan Baku	<i>Corn cobs</i>	<i>Corn stover</i>	<i>Repeseed</i>	Bunga matahari
Nilai Kalor (MJ/kg)	26,2	24,3	38,4	15,9

DynaMotive dan Orenda Aerospace Corporation adalah perusahaan di New Hampshire, Durham, Amerika Serikat telah melakukan penelitian dengan mengoperasikan 2,5 MW mesin turbin dengan menggunakan bahan bakar *bio-oil*. Berdasarkan hasil uji, emisi CO dan partikulat lebih tinggi daripada solar, tetapi hasil uji emisi NO_x dan SO₂ lebih rendah daripada solar. Tabel 4 menunjukkan perbandingan sifat-sifat antara *bio-oil* dan solar. Nilai kalor *bio-oil* sekitar setengah daripada nilai kalor solar. *Bio-oil* yang dihasilkan mempunyai kadar air 20 (% berat). Sehingga *bio-oil* yang dihasilkan bersifat *hydrophilic* dan *immiscible*. Kandungan alkali dalam *bio-oil* dapat menyebabkan korosi.

Tabel 4. Perbedaan Sifat-Sifat *Bio-Oil* dengan Solar

Sifat-Sifat	<i>Bio-Oil</i>	Solar
Nilai kalor (MJ/kg)	15-20	42
Viskositas kinematik	78	2-4
pH	2,3-3,3	5
Air	20-25 (%berat)	0,05 (% volume)
Padatan	< 0,1 (% berat)	
Abu	< 0,02	0,01
Alkali (Na+K) ppm	5-100	<1

Tabel 4 menunjukkan perbedaan sifat-sifat *bio-oil*, *light heavy fuel oil*, dan *heavy fuel oil*. *Bio-oil* mempunyai nilai kalor viskositas, kadar abu, kadar belerang, kadar nitrogen, dan emisi NO_x lebih rendah daripada *light fuel oil* dan *heavy fuel oil*. Selain itu, *bio-oil* juga mempunyai keuntungan karena menghasilkan emisi SO_x dan NO_x hanya setengah daripada bahan bakar fosil.

2. METODOLOGI

Bahan Penelitian

Ampas tebu yang digunakan diambil dari Pabrik Gula (PG) Mojopanggung, Tulungagung, Jawa Timur. Ampas tebu yang digunakan dalam penelitian telah diuji di Laboratorium Kimia dan Biokimia, Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada.

Alat Penelitian

Reaktor yang digunakan terbuat dari pipa besi jenis 5737 berdiameter 7,62 cm dan panjang 37 cm. Bagian atas dari reaktor ditutup dengan isolator. Bagian luar reaktor dilapisi dengan isolator tungku (asbes pita). Reaktor dimasukkan ke dalam *furnace* yang berdiameter 15,24 cm dan panjang 40 cm. Bagian luar dari *furnace* ditutup dengan isolator nikelin sepanjang 12 meter. Suhu di dalam reaktor diukur dengan termokopel. Kecepatan pemanasan dalam reaktor diukur dengan regulator 25 amper yang dihubungkan dengan arus listrik. Hasil cairan yang keluar dari reaktor didinginkan dengan kondensor pipa lurus. Hasil cair ditampung dalam penampung *bio-oil*. Gas yang tidak terkondensasi akan masuk ke dalam 2 galon yang berisi air masing-masing galon berukuran 19 liter. Gas yang keluar diukur suhunya dengan termokopel dan tekanannya dengan manometer terbuka. Volume gas yang dihasilkan ditampung dalam gelas ukur yang berukuran 2000 mL dan 3000 mL.

Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

Bahan baku dihaluskan dan diklasifikasi berdasarkan diameter partikel (dp) (-20+25) mesh, (-25+30) mesh, (-30+35) mesh, (-35+40) mesh, dan -40 mesh. Kemudian bahan baku dikeringkan dengan oven selama 8 jam.

Proses Pirolisis

Bahan baku yang telah dioven ditimbang sebanyak 150 gram kemudian dimasukkan ke dalam reaktor dengan membuka bagian atas reaktor. Kabel termokopel dimasukkan ke dalam reaktor untuk mengukur suhu padatan selama proses pirolisis. Selanjutnya menutup reaktor dan memastikan tidak ada bagian yang bocor dengan menggunakan *silicon white*. Reaktor dimasukkan ke dalam *furnace* dan menyalakan reaktor dan termokontrol yang terhubung dengan arus listrik.

Cairan yang dihasilkan ditampung dalam penampung *bio-oil*. Proses pirolisis dihentikan jika massa *bio-oil* yang terbentuk mengalami perubahan kecil. Uji hasil *bio-oil*. Ulangi penelitian untuk variabel yang lain.

Variabel Penelitian

Penelitian dilakukan dengan variasi diameter partikel dan kecepatan pemanasan.

- a. Diameter partikel (dp), yaitu: (-20+25) mesh, (-25+30) mesh, (-30+35) mesh, (-35+40) mesh, dan - 40 mesh.

b. Kecepatan pemanasan, yaitu: 100 volt, 105 volt, 110 volt, dan 120 volt.

Analisis Bahan Baku

Ampas tebu yang digunakan dalam penelitian diuji *proximate analysis* ⁽⁶⁾. Menurut ^(2,7-9), uji *proximate analysis* digunakan untuk mengetahui kandungan *volatile matter*, *fixed carbon*, *ash*, dan *moisture*.

Analisis Produk

Menurut ^(11,12) sifat-sifat fisik dari hasil cair berupa *bio-oil* dianalisis massa jenis, viskositas, nilai kalor, komposisi, dan warna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bio-oil yang dihasilkan pada proses pirolisis mempunyai sifat-sifat yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Sifat-Sifat Fisik *Bio-Oil* pada Variasi Diameter

Parameter Uji	Hasil				Metode
	(20+25) mesh	(25+30) mesh	(30+35) mesh	-40 mesh	
pH (T)	2,96 (25,5°C)	2,96 (25,8°C)	3,03 (29,9°C)	2,09 (24,8°C)	SNI 06-6989.11-2004
Viskositas (cP)	1,4015	1,3858	1,4593	1,4716	Oswald
Warna	Coklat				Organoleptik
Massa jenis (g/mL)	1,043 (28°C)	1,0408 (28°C)	1,0352 (25°C)	1,0456 (34°C)	

Tabel 6. Sifat-Sifat Fisik *Bio-Oil* pada Variasi Kecepatan Pemanasan

Parameter Uji	Hasil				Metode
	100 volt	105 volt	115 volt	120 volt	
pH (T)	3,02 (26,2°C)	2,99 (26,6°C)	2,94 (26,5°C)	2,94 (26,1°C)	SNI 06-6989.11-2004

Viskositas (cP)	1,4681	1,4129	1,5101	1,3306	Oswald
Warna	Coklat				Organoleptik
Massa jenis (g/mL)	1,04 (34°C)	1,039 (29°C)	1,0649 (30°C)	1,041 (28°C)	

Kandungan senyawa dalam *bio-oil* hasil dari pirolisis bergantung pada jenis biomassa yang digunakan sebagai bahan baku. Pirolisis dengan bahan ampas tebu menghasilkan *bio-oil* dengan kandungan terbanyak senyawa asam asetat. Kandungan senyawa lain dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Senyawa di dalam *Bio-Oil*

Jumlah (%)	Rumus Molekul	Nama Senyawa
59,72	CH ₃ COOH	Asam asetat
10,11	CH ₄ O	Metanol
5,07	C ₆ H ₆ O	Fenol
4,8	C ₃ H ₆ O ₂	2-Propanone, 1-hydroxy
3,72	C ₃ H ₆ O ₂	Asam propanoat
3,00	C ₅ H ₄ O ₂	2-Furancarboxaldehyde
2,39	C ₁₅ H ₂₆ O	Patchouli alcohol
1,98	C ₄ H ₈ O ₂	1-Hydroxy-2-butanone
1,84	C ₅ H ₆ O	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl
1,40	C ₆ H ₈ O ₂	2-Cyclopenten-1-one, 2-
1,26	C ₈ H ₁₀ O	Phenol, 3-ethyl
1,24	C ₄ H ₆ O ₂	2(3H)-Furanone, dihydro
1,08	C ₅ H ₈ O ₃	2-Propanone,1-(acetyloxy)
0,92	C ₇ H ₈ O ₂	Phenol, 2-methoxy
0,90	C ₆ H ₈ O	3-Methyl-2-cyclopenten-1-one
0,58	C ₆ H ₈ O	2-Methyl-2-cyclopenten-1-one

Berdasarkan Tabel 8 *yield bio-oil* turun dari 40,32% pada diameter (-20+25) mesh menjadi 34,16% pada diameter partikel -40 mesh. Hal ini terjadi karena semakin kecil diameter partikel membuat panas mudah tersebar secara merata ke seluruh bagian. Semakin besar ukuran partikel pemanasan akan berlangsung lambat sehingga suhu rata-rata pada ampas tebu akan lebih rendah dan mengakibatkan *yield* yang diperoleh lebih sedikit. Menurut

⁽³⁾ mengatakan bahwa dekomposisi dari biomassa akan menghasilkan *condensable* gas (uap) dan *noncondensable* gas. Uap yang terbentuk merupakan molekul yang mempunyai berat molekul besar yang akan didinginkan sehingga akan menambah *yield* dari *bio-oil*.

Tabel 8 *Yields* Bio-Oil Variasi Diameter Partikel

Diameter Partikel	% <i>Yields</i>
(-20 + 25) mesh	40,32
(-25 + 30) mesh	37,47
(-30 + 35) mesh	37,27
(-35 + 40) mesh	39,26
- 40 mesh	34,16

Tabel 9 *Yields* Bio-Oil Variasi Kecepatan Pemanasan

Tegangan Listrik	% <i>Yields</i>
100 volt	33,31
105 volt	38,82
115 volt	37,00
120 volt	36,10

4. KESIMPULAN

- a. *Bio-oil* yang dihasilkan mempunyai sifat-sifat: berwarna coklat, pH 2,96-3,03, viskositas 1,3306-1,5101 cp, dan rapat massa 1,03-1,5 g/mL. Kandungan senyawa terbesar adalah asam asetat sebanyak 59,72%.
- b. Pada variasi tegangan listrik diperoleh *yield bio-oil* terbesar sebanyak 38,82%, dan pada variasi diameter partikel diperoleh *yield bio-oil* 40,32%, dan gas 17%.

DAFTAR PUSTAKA

- 1.W.R. Susila, B.M. Sinaga, B.M., Analisis kebijakan pabrik gula di Indonesia. *J. Agro Ekonomi*. 23 : 29-52 (2005)
2. Agenda Riset Nasional, 2006-2009, Dewan Riset Nasional
3. P. Basu, 2010, Biomassa Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory, Elsevier, 2010.
- 4.M.E. Boucher, A. Chaala, H., Pakdel, C., Roy, 2000, Bio-oils obtained by vacuum pyrolysis

- of softwood bark as a liquid fuel for gas turbines. part ii: stability and ageing of bio-oil and its blends with methanol and a pyrolytic aqueous phase, *J. Biomass and Bioenergy*, 19 : 351-361 (2000)
5. I.H. Farag, C.E. La Clair, and C.J. Barrett, C.J. *Technical, Environmental and Economic Feasibility of Bio-Oil in New Hampshire's North Country*", University of New Hampshire, Durham.
 - 6.O. Onay, O.M. Kockar. Fixed-bed pyrolysis of rapeseed (*Brassica napus* L). *J. Biomass and Bioenergy*. 26 : 289-299 (2004)
 7. J. Guo, A.C. Lua. Kinetic study on pyrolysis process of oil-palm solid waste using two-step consecutive reaction model. *J. Biomass and Bioenergy*, 17 : 223-233 (2001)
 8. K.G. Mansaray, A.E. Ghalya, A.E. Al-Taweel, A.M. Hamdullahpur, F., V.I Ugursal, Air gasification of rice husk in a dual distributor type fluidized bed gasifier, *J. Biomass and Bioenergy*, 17 : 315-332 (1999).
 9. S. Sensoz, D. Angin, S. Yorgun. 2000, Influence of particle size on the pyrolysis of rapeseed (*brassica napus* l.): fuel properties of bio-oil. *J. Biomass and Bioenergy* 19 : 271-279 (2000)
 10. A. Djauhari, A., Magister Thesis, Universitas Gadjah Mada. (2006)
 - 11.S. Sahraeni. Magister Thesis. Universitas Gadjah Mada. (2010)